

# RADYASYON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

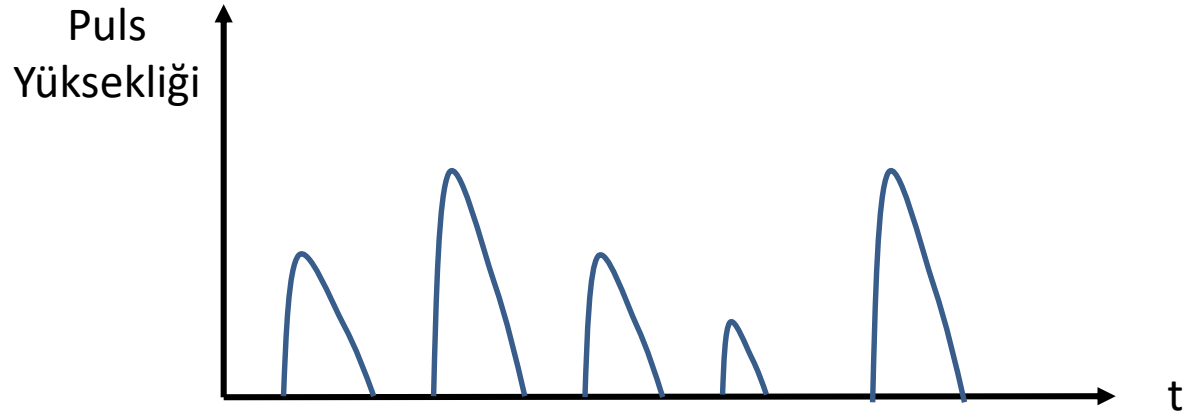
## RADYASYON DEDEKTÖRLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Dođan BOR

Konu 6

# PULS YÜKSELİK ANALİZİ

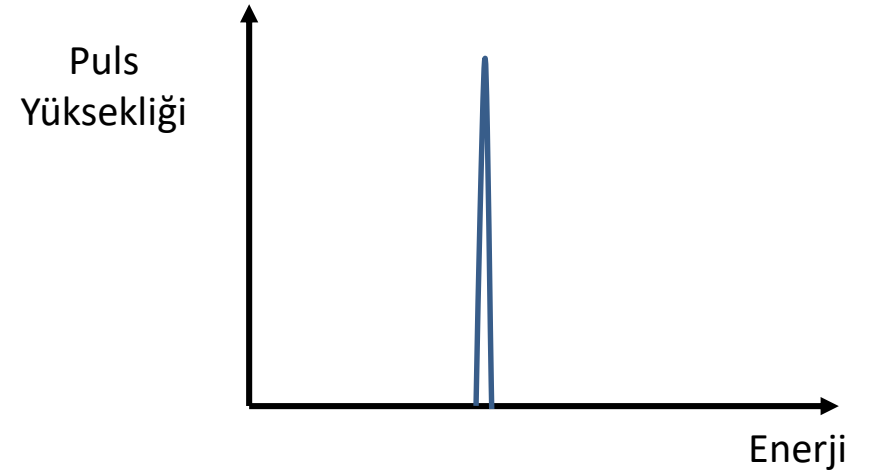
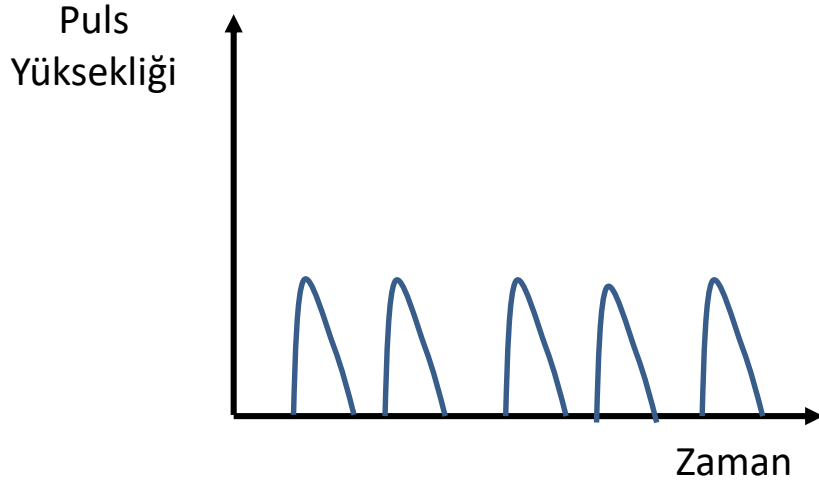
Puls modunda çalışan bir dedektörde çıkıştaki her pulsun genliği etkileşimi yapan radyasyon tarafından oluşturulan yükle ilgili bilgi verir.



Bu pulsların genliklerinin analiz edilmesi her bir etkileşimde soğurulan radyasyon enerjilerinin saptanmasını sağlayabilir.

# PULS YÜKSEKLİK SPEKTRUMU

Tüm puls yüksekliklerinin aynı olması durumunda spektrum



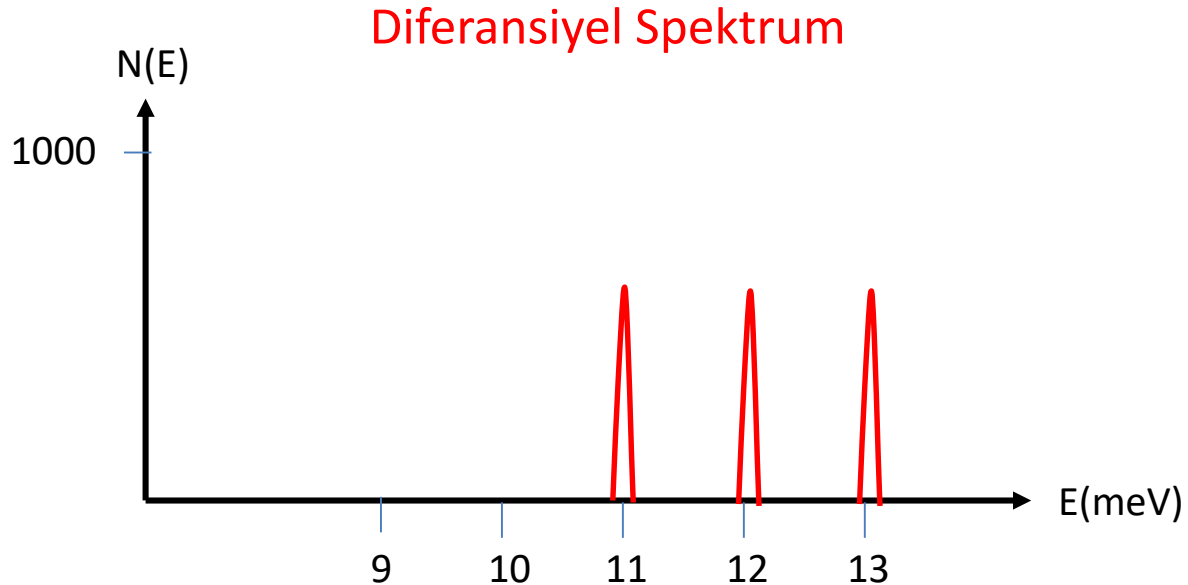
SPEKTRUM : Her radyasyon enerjisi için puls yüksekliklerinin gösterilmesi

# PULS YÜKSEKLİKLERİNİN ANALİZ EDİLMESİ

İntegral Spektrum: Genliği belirli bir değerin üzerinde olan pulsların sayılması

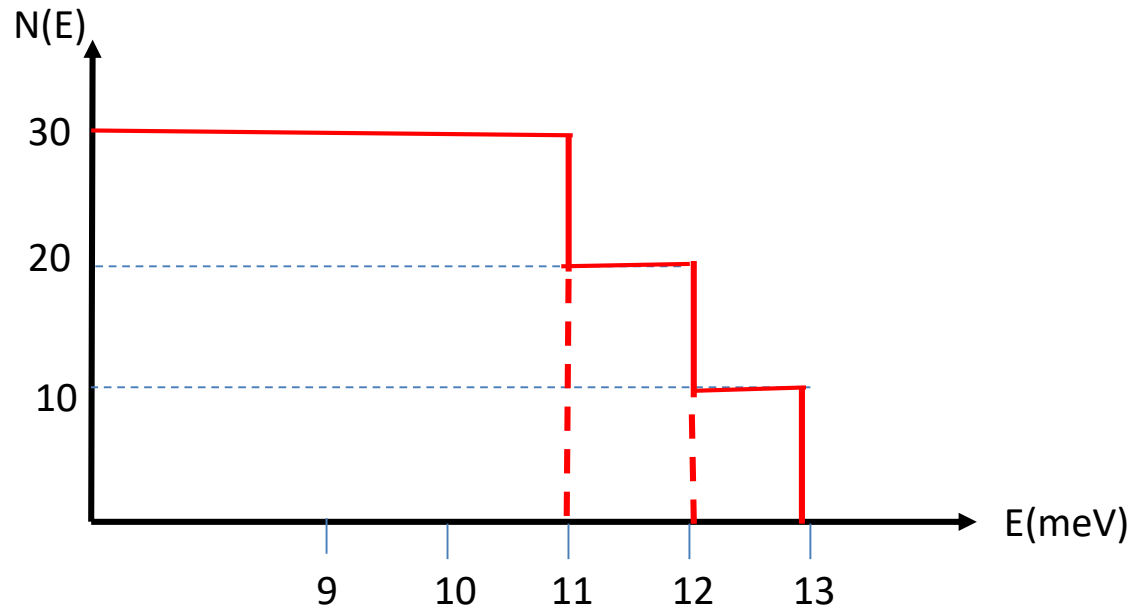
Diferansiyel Spektrum: Genliği belirli bir aralıkta olan pulsların sayılması

Örnek : Bir radyoaktif kaynak 11 meV, 12 meV ve 13 meV enerjilerde üç foton salsın ve her enerjideki parçacık sayısı 1000 foton/Sn olsun

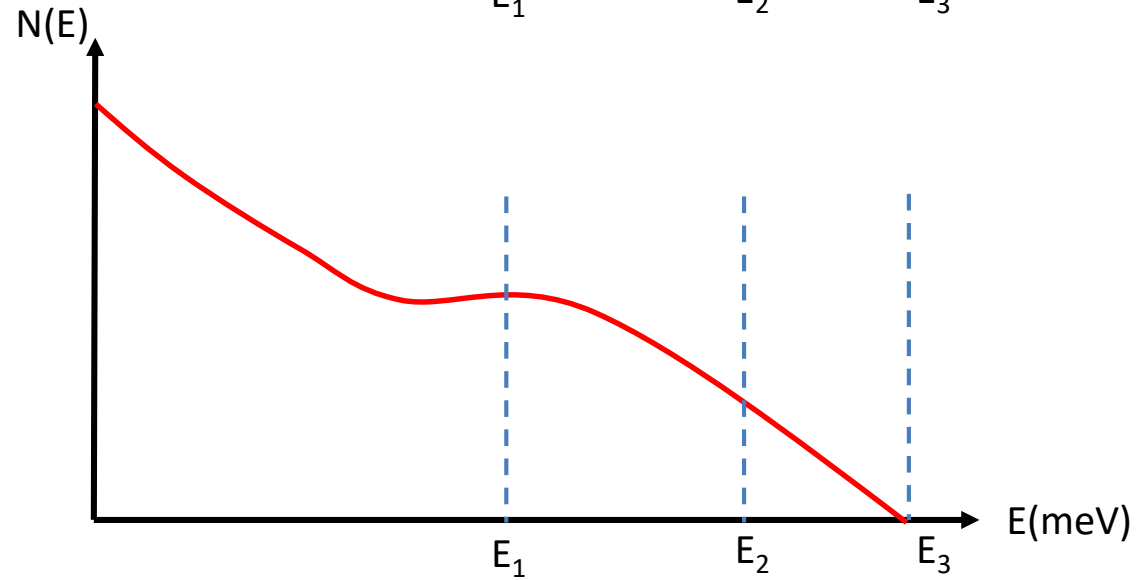
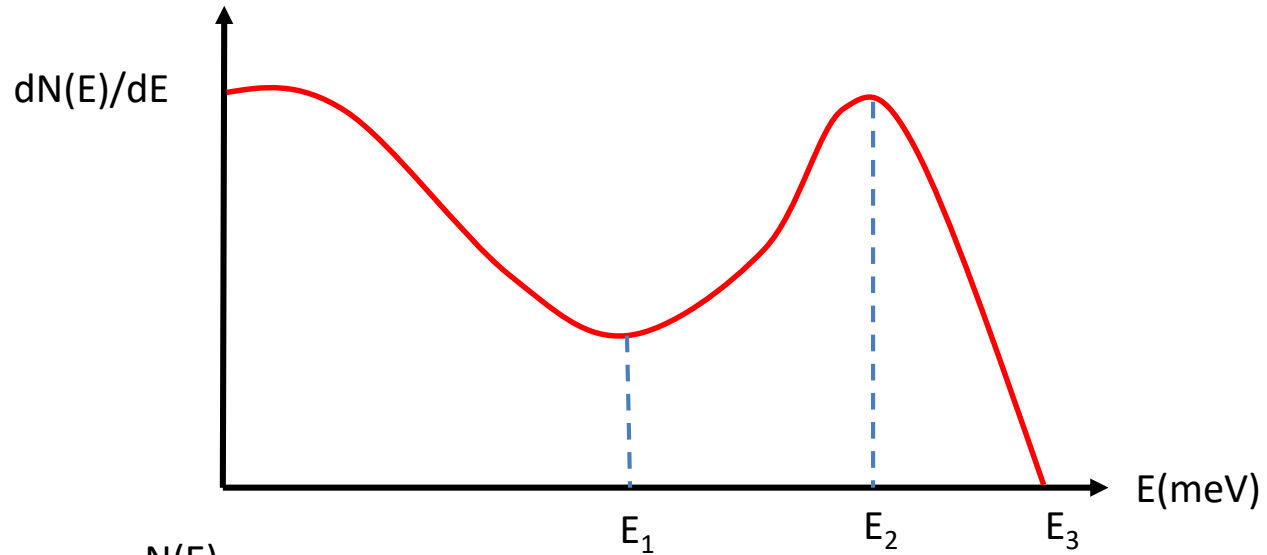


# Integral Spektrum

$E = 14 \text{ meV}$	$N(14) = 0$	$E =$
$13 \text{ meV}$	$N(13) = 10$	
$E = 12 \text{ meV}$	$N(12) = 20$	
$E = 11 \text{ meV}$	$N(11) = 30$	
$E = 10 \text{ meV}$	$N(10) = 30$	
$E = 0 \text{ meV}$	$N(0) = 30$	

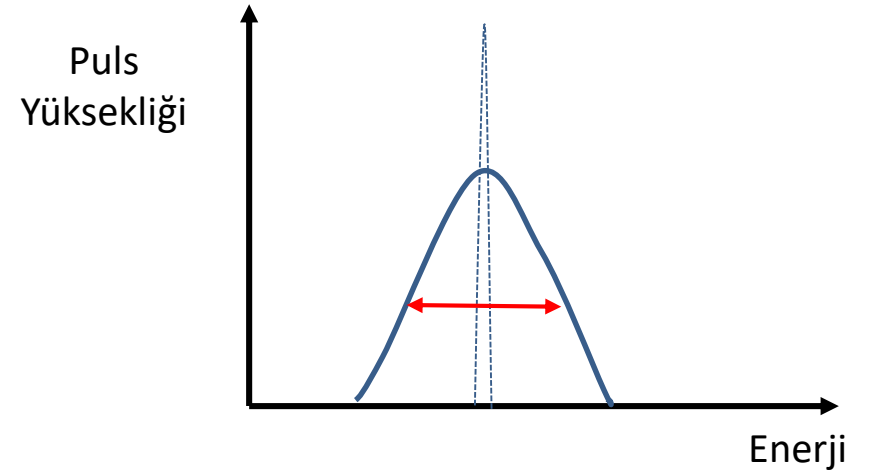
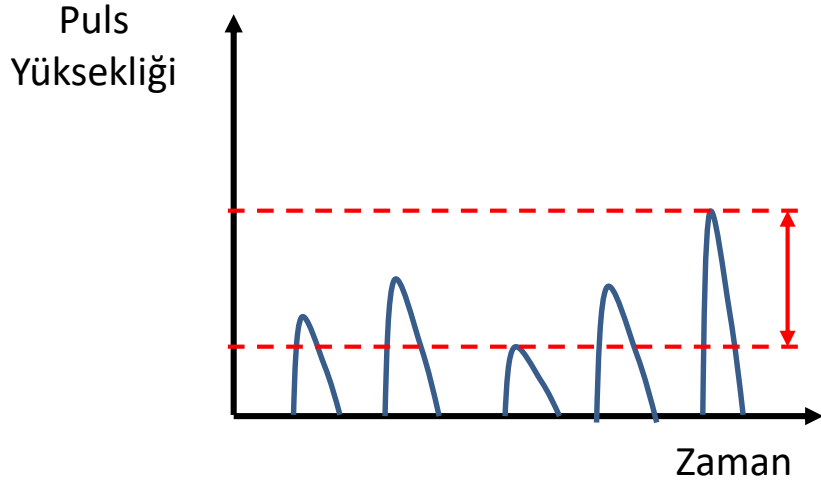


# DİFERANSİYEL VE İNTEGRAL PULS YÜKSEKLİK SPEKTRUMLARI



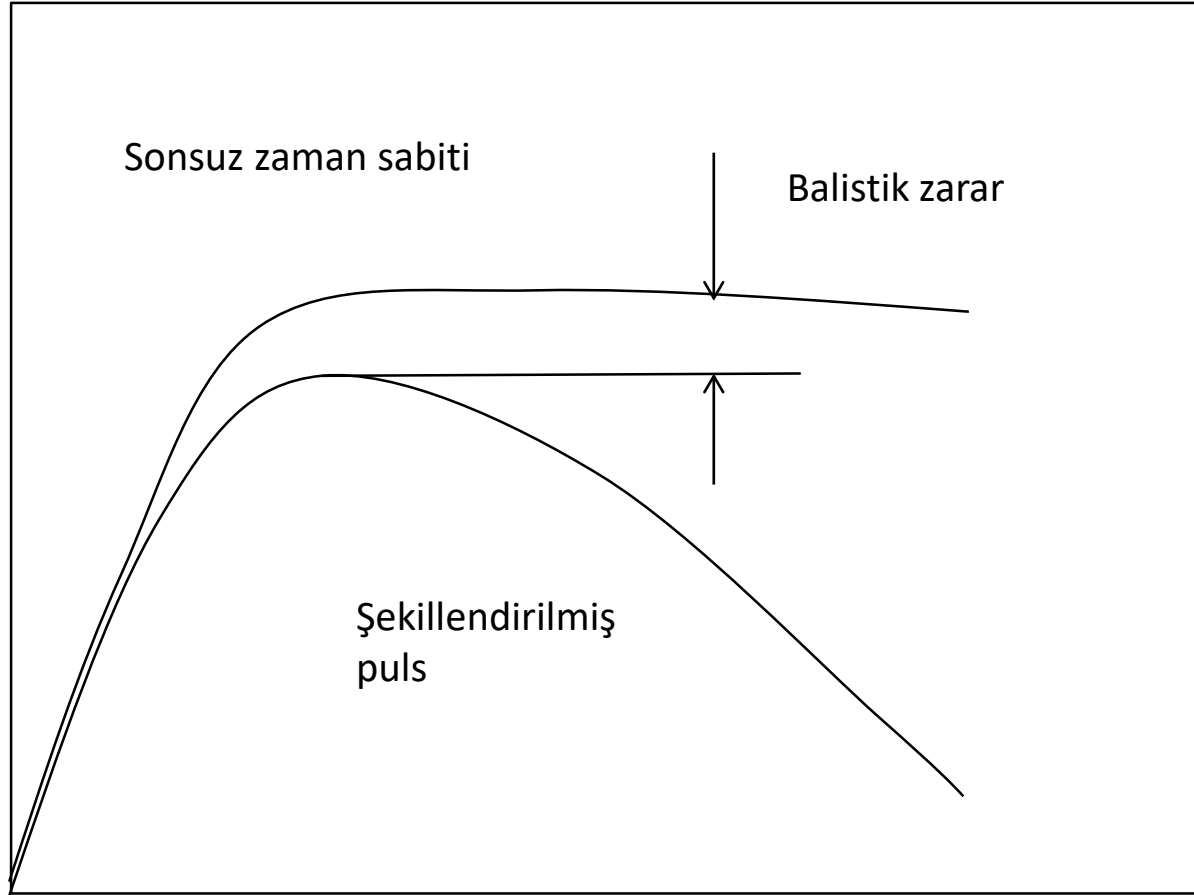
# PULS YÜKSEKLİK SPEKTRUMU

Tüm puls yüksekliklerinin farklı olması durumunda spektrum



# PULS YÜKSEKLİK ANALİZİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSULAR

$V(t)$



Balistik zarar



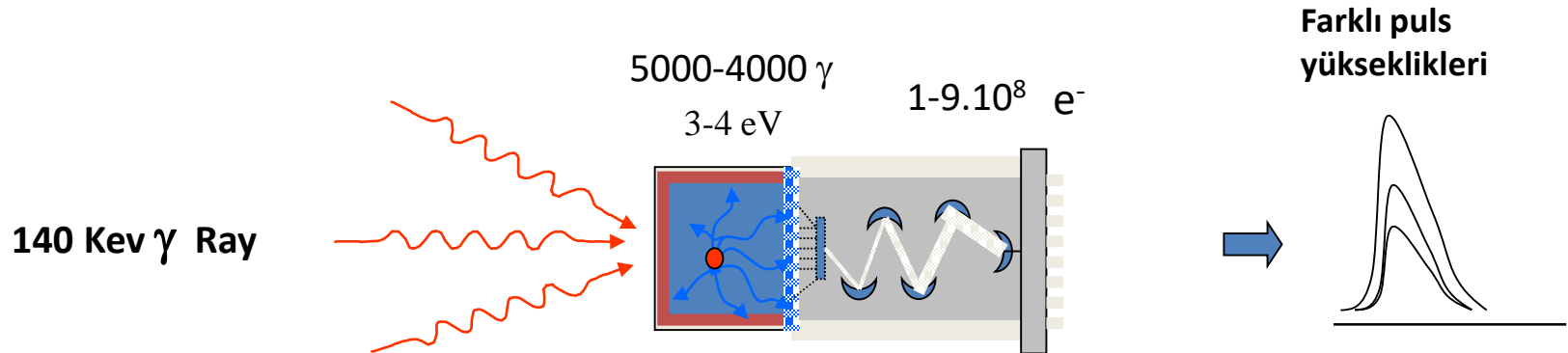
# ENERJİ AYIRMA GÜCÜ

Dedektörde aynı miktar enerji soğurulmasına rağmen puls genişliklerinde bir etkileşmeden diğerine tesadüfi dalgalanmalar ortaya çıkar.

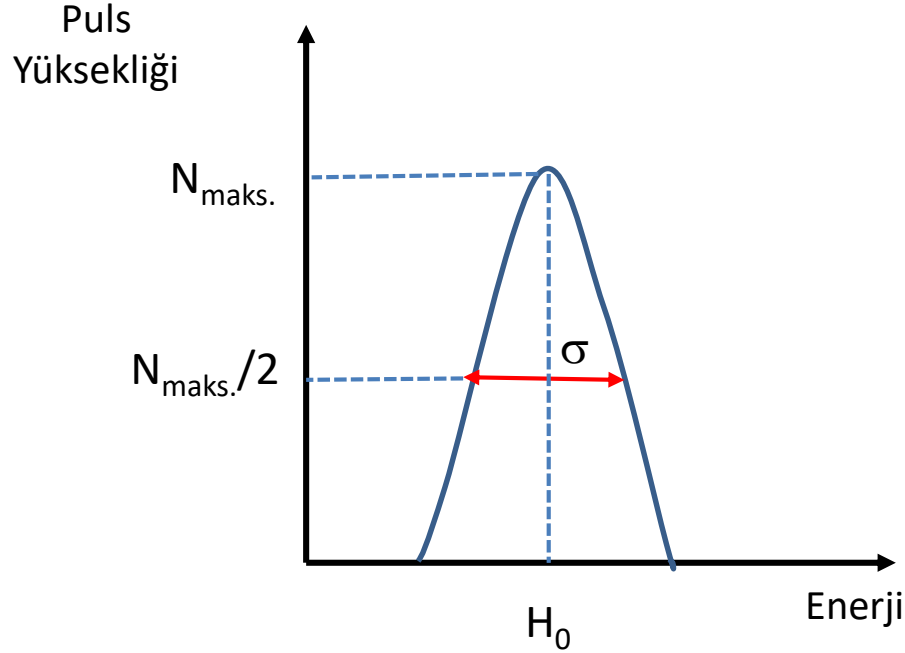
İstatistikler dalgalanmalar:

Dedektördeki etkileşmelerde meydana gelen ikincil radyasyonların (sintilasyon veya Compton fotonları, elektron ve deşikler gibi) sayısında oluşan rastgele farklılıklar.

Foto tüp ve sistem elektroniğindeki gürültü (önyükselteç ve yükselteçte)



# ENERJİ AYIRMA GÜCÜ

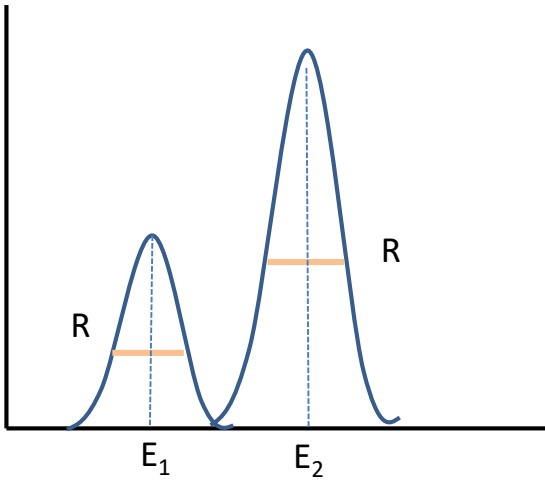


Dedektör ayırma gücü yarı yükseklikteki tam genişlik olarak (Full Width at Half Maximum - FWHM) olarak tanımlanır.

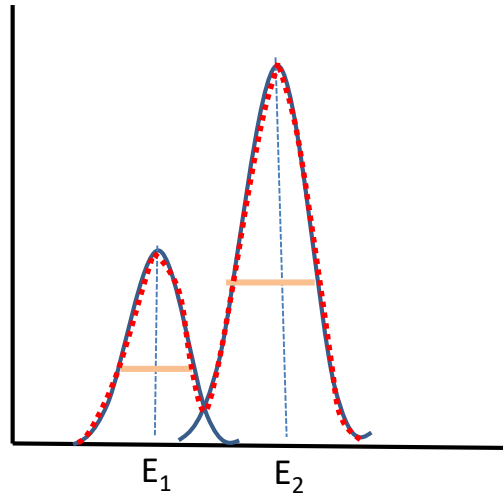
$$\text{Enerji Ayırma Gücü} = \text{YYTG} / H_0$$

# ENERJİ AYIRMA GÜCÜ

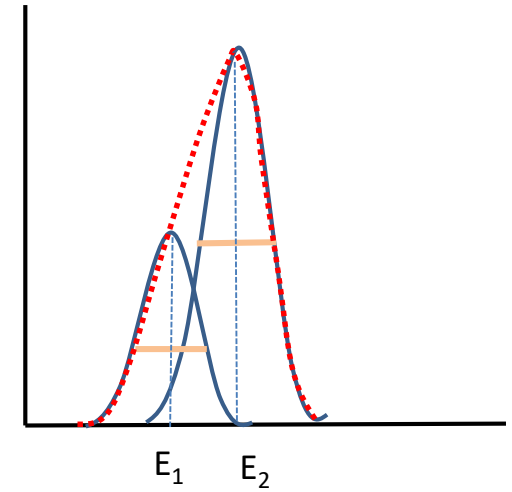
$$R = \text{YYTG}$$



$$R < E_2 - E_1$$



$$R = E_2 - E_1$$



$$R > E_2 - E_1$$

# DOĞAL DALGALANMALAR BAĞLI OLARAK ENERJİ AYIRMA GÜCÜ (EAG)

Radyasyon etkileşmelerini ve yüklerin meydana gelişinin Poisson istatistiğine uyduğu kabul edilerek;

N yük taşıyıcısındaki doğal istatistiki dalgalanmaları :  $\sqrt{N}$

$$G(H) = \frac{A}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(H - H_0)^2}{2\sigma^2}\right]$$

FWHM=2,35 $\sigma$ ' dir.  $H_0=KN$  ,  $\sigma = K\sqrt{N}$  , K orantı sabiti

İstatiksel dağılıma karşı gelen R sınır ayırma gücü:

$$R|_{\substack{\text{poisson} \\ \text{sınır}}} = \frac{FWHM}{H_0} = \frac{2,35\sigma}{KN} = \frac{2,35K\sqrt{N}}{KN}$$

$$R = \frac{2,35}{\sqrt{N}}$$

R < %1 için N > 55 000

## YYTG : ENERJİ OLARAK İFADE EDİLMESİ

Dedektörde toplanan yük sayısı etkilenen  $\gamma$  ışın enerjisi ( $E$ ) ile orantılı olduğundan  $\Delta h$ ,  $\Delta N$  ve  $\Delta E$  her değişkene ait yarı yükseklikteki tam genişlikler ise

Sadece Poisson istatistiğine bağlı olarak YYTG'in enerji cinsinden çıkarılması  
Yani teorik olarak bulunması

$$\frac{\Delta h}{H_0} = \frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta E}{E}$$

$$\frac{\Delta E}{E_\gamma} = 2,35 \left( \bar{N} \right)^{-1/2}$$

$$\Delta E = 2,35 \left( \bar{N} \right)^{-1/2} E_\gamma \text{ ve } \bar{N} = \frac{E_\gamma}{E_p}$$

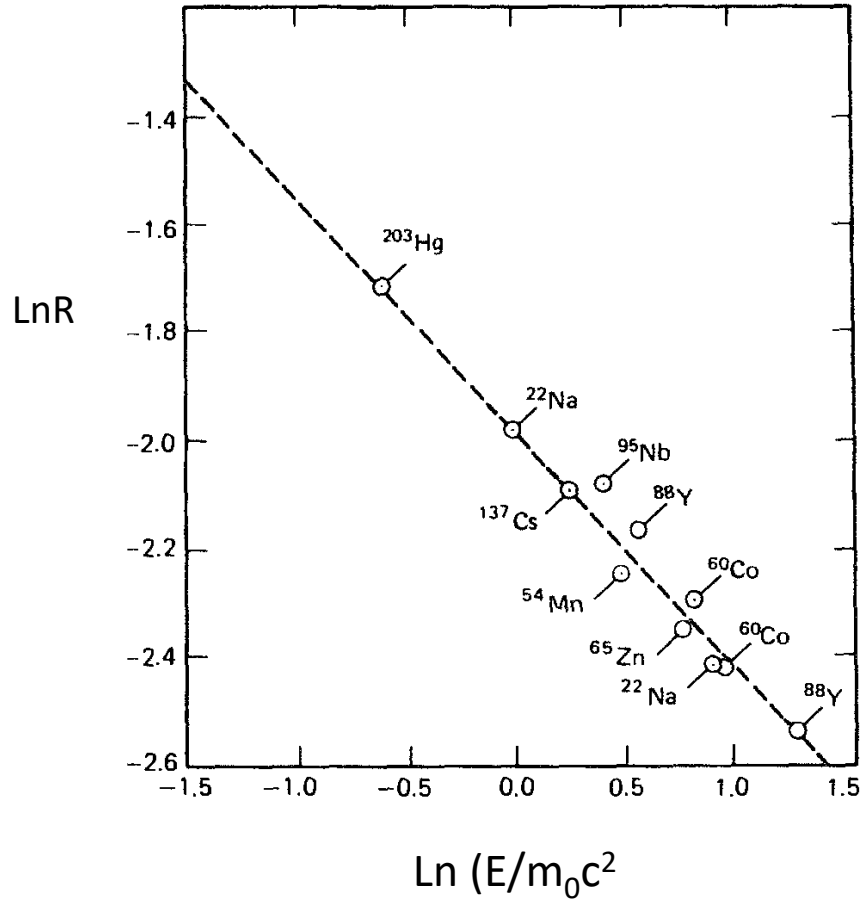
$$\Delta E = 2,35 \left( E_\gamma \bar{E}_p \right)^{1/2}$$

$E_p$  bir iyon çiftinin oluşması için gerekli enerji.

# ENERJİ AYIRMA GÜCÜNÜN GAMA IŞIN ENERJİSİ İLE DEĞİŞİMİ

$$R = \frac{2,35}{\sqrt{N}} = \frac{2,35}{\sqrt{E}}$$

$$\ln R = \ln K - 1/1 \ln E$$



# FANO FAKTÖRÜ

Fano Faktörü yük taşıyıcıların sayısındaki gözlenen istatistiksel dağılımın, Poisson istatistiğinden sapma miktarı

$$F = \frac{N' \text{ de gözlenen varyans (deneysel olarak)}}{\text{Poisson'dan beklenen varyans (= N)}}$$

varyans  $\sigma$  ile verildiğinden,

$$\begin{array}{l} R \\ \text{istatistik} \\ \text{limit} \end{array} = \frac{2,35K\sqrt{NF}}{KN} = 2,35\sqrt{\frac{F}{N}}$$

F = 1 : Enerji ayırma gücü ölçümünde ki yükü parçacıkların oluşumu sadece Poisson istatistiğine bağlı

# FANO FAKTÖRÜ

## Örnek 1:

Puls modunda çalışan ve argon gazı bulunan bir iyon odasında bir iyon çifti için gerekli enerji 26.5ev olduğundan 500Kev enerji soğurulmasında 18900 iyon çifti oluşacaktır. Ayırma gücü:

$$\frac{\Delta E}{E} = 2,35 \left( \frac{1}{N} \right)^{1/2} = 0,0172$$

ya da %1.72'dir.

Ancak argon için deneysel olarak ölçülen F değeri 0.2 olup ayırma gücü;

$$2,35 \sqrt{\frac{F}{N}} = 2,35 \sqrt{\frac{0,2}{N}} = 0,0077 \text{ veya } \%0.77$$

Ayırma gücü 2.2 kat kadar daha iyidir

## Örnek 2:

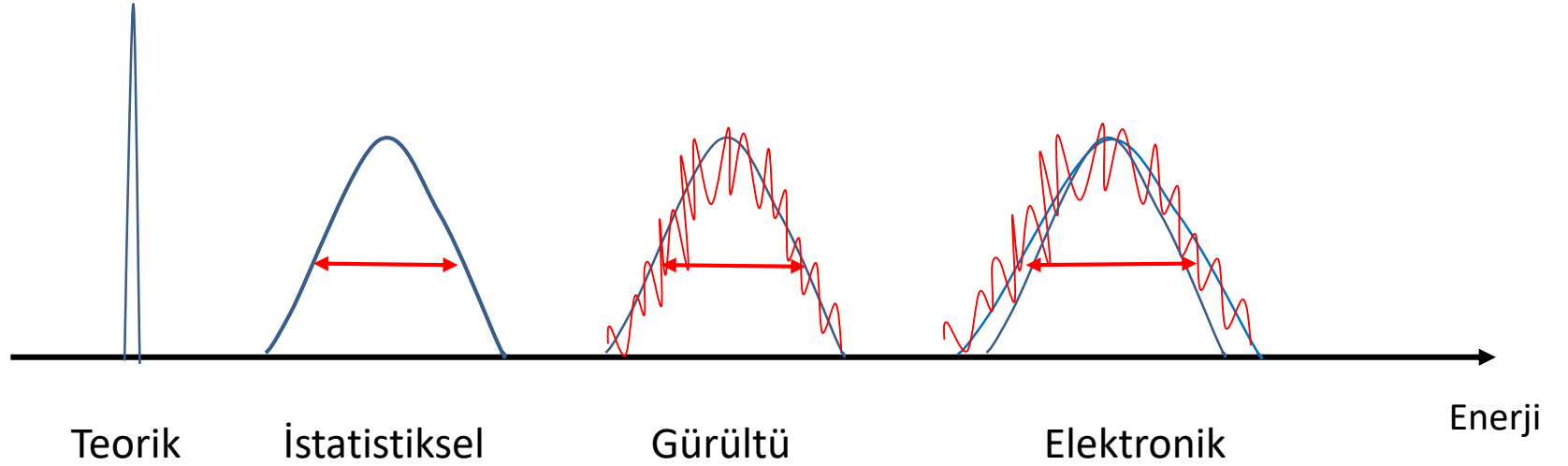
Silikon band aralığı : 1.16 eV

1 e<sup>-</sup> - deşik çifti yaratmak için gerekli enerji : 3.6 eV



# ENERJİ AYIRMA GÜCÜNE DİĞER FAKTÖRLERİN ETKİSİ

$$(YYTG)^2_{toplam} = (YYTG)^2_{istatistiksel} + (YYTG)^2_{gürültü} + (YYTG)^2_{elektronik}$$



# DEDEKTÖR ETKİNLİĞİ (VERİM)

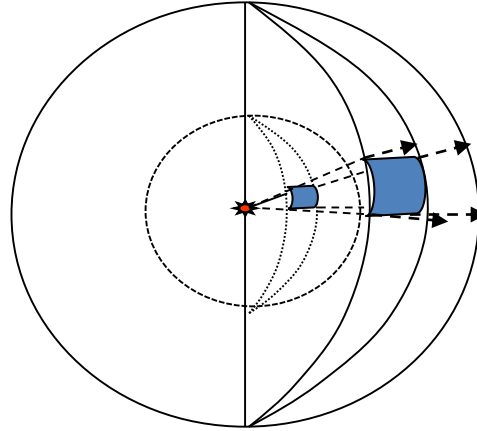
$$\text{Geometrik Etkinlik (G)} = \frac{\text{Dedektöre gelen parçacık sayısı}}{\text{Kaynaktan salınan parçacık sayısı}}$$

$$\text{Dedektör Etkinliği (\(\epsilon\))} = \frac{\text{Dedektörde etkileşen parçacık sayısı}}{\text{Dedektöre gelen parçacık sayısı}}$$

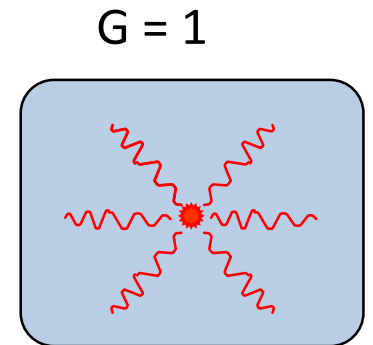
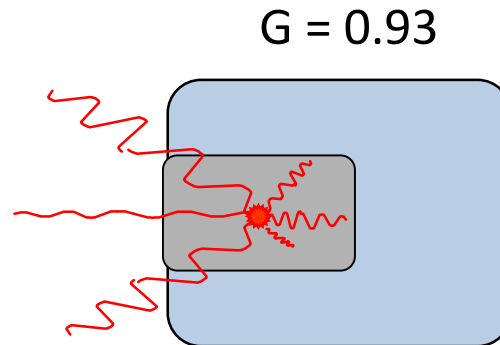
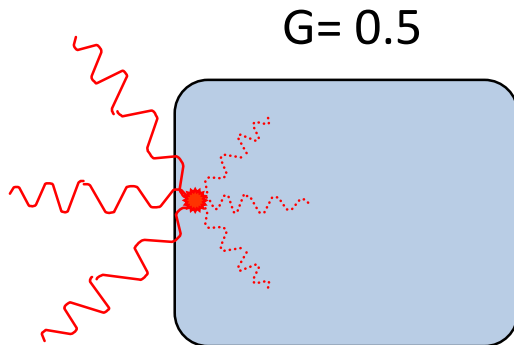
$$\text{Dedektör Etkinliği} = G \times \epsilon$$

# GEOMETRİK ETKİNLİK

Farklı kaynak dedektör geometrilerinde etkinlik:

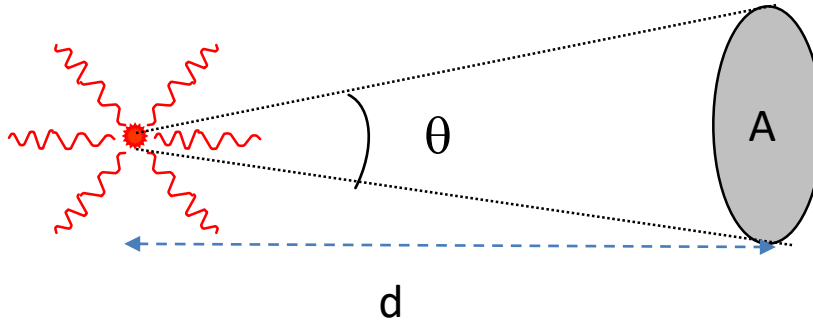


$$\text{Geometrik etkinlik} = \omega / 4\pi$$

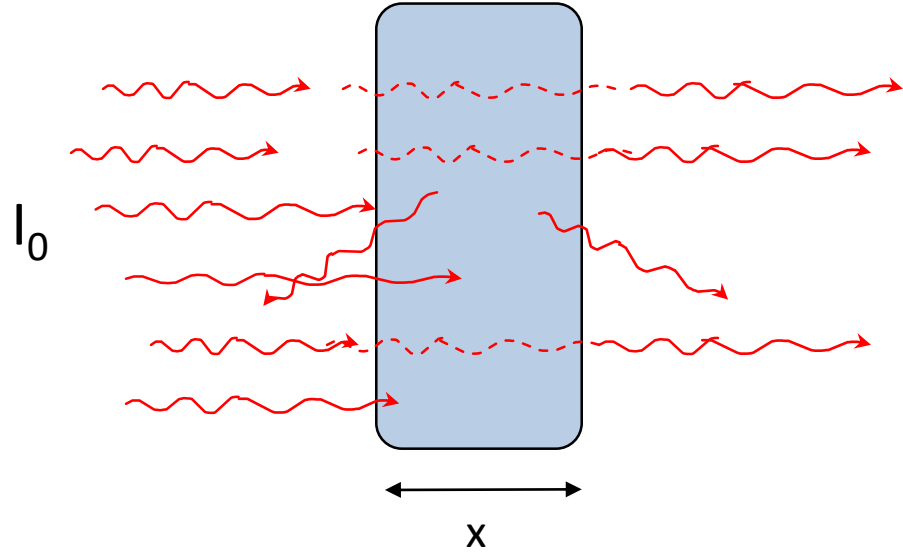


# İZOTROPİK NOKTA KAYNAK VE DAİRESEL ALANLI DEDEKTÖR

$$G = A / 4\pi d^2 = 1/2 (1 - \cos\theta)$$



# DEDEKTÖR ETKİNLİĞİ ( $\varepsilon$ )



$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

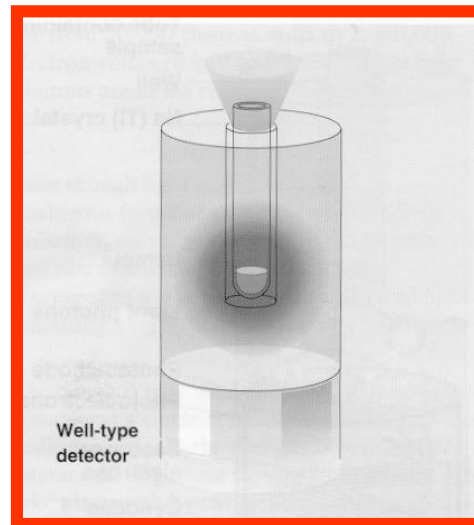
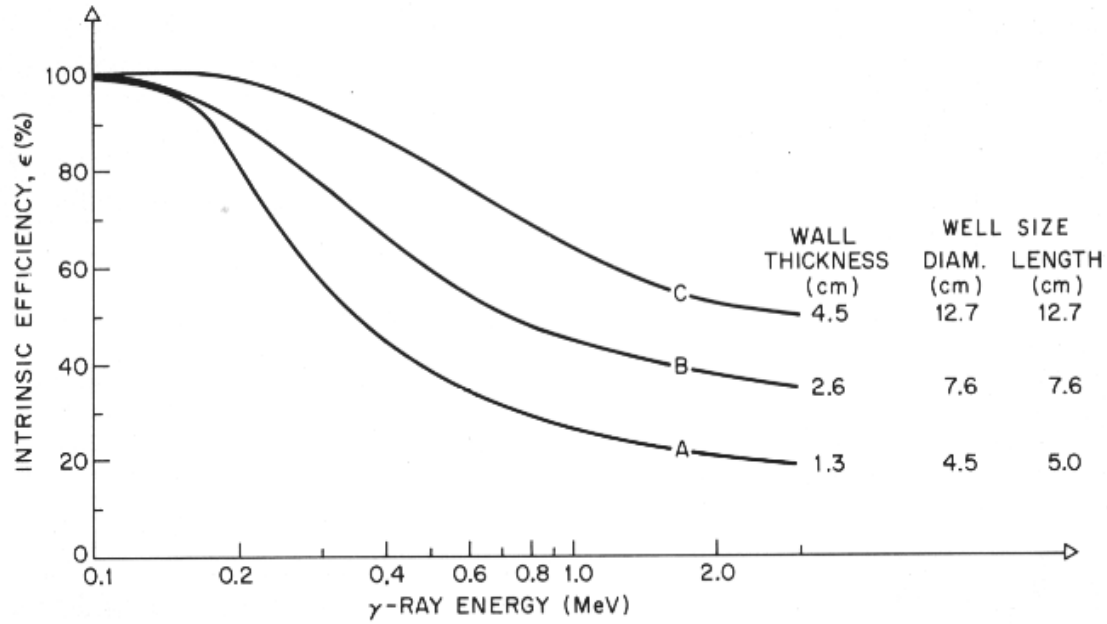
$$\varepsilon = (I_0 - I) / I_0 \quad \varepsilon = 1 - e^{-\mu(E)x}$$

$\mu$



-Radyasyon enerjisi  
-Dedektör malzemesinin kalınlığı

# KUYU TİPİ KRİSTAL ETKİNLİĞİ ( $\epsilon$ )



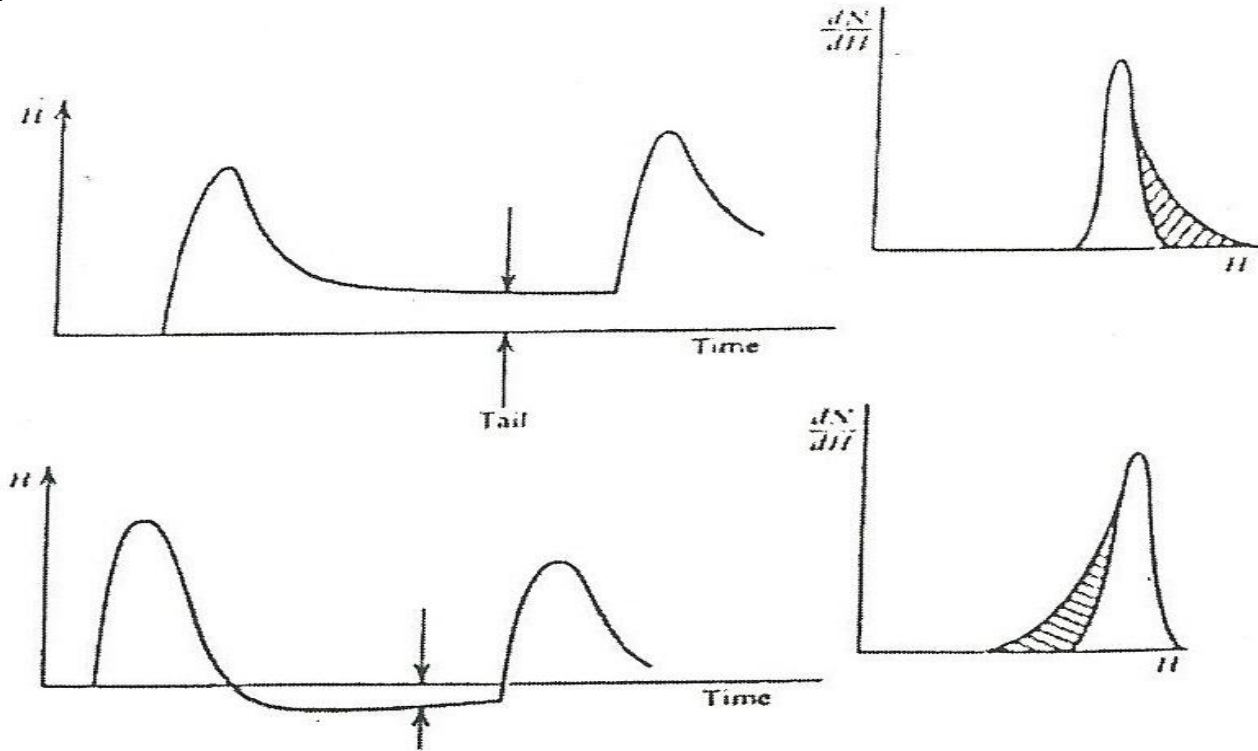
# AKTİVİTE – SAYIM İLİŞKİSİ

Kaynak aktivitesi  Dedektörden alınan sayım

$$N (\text{sayım}) = A (\text{Bq}) \times F (\text{Salınım yüzdesi}) \times \omega / 4\pi \times \varepsilon$$

## ***Pulsların Yiğilmesi*** PİLE UP

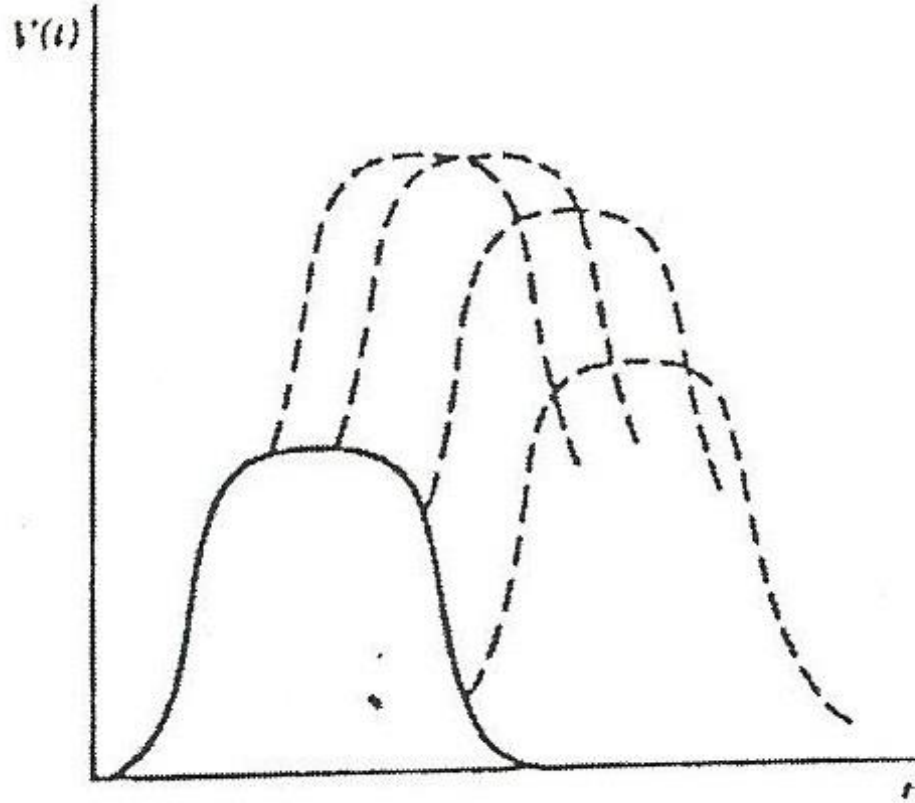
Puls yiğilmesi iki şekilde olup puls yükseklik ölçümlerine farklı etkileri vardır. İlk tipi kuyruk puls yiğilmesidir ve uzun süreli kuyruğa veya bir önceki pulsun negatif kısmı üzerinde pulsların üst üste binmesidir.



Bir önceki pulsun kuyruğu ya da negatif kısmından kaynaklanan puls yiğilmesi.  
Diferansiyel spektrumda etki taralı kısımla gösterilmiştir



İkinci tip puls yığılması tepe yığılması olarak isimlendirilir, iki puls birbirine çok yakın oldukları zaman analiz sistemi tarafından tek puls olarak değerlendirilebilirler.

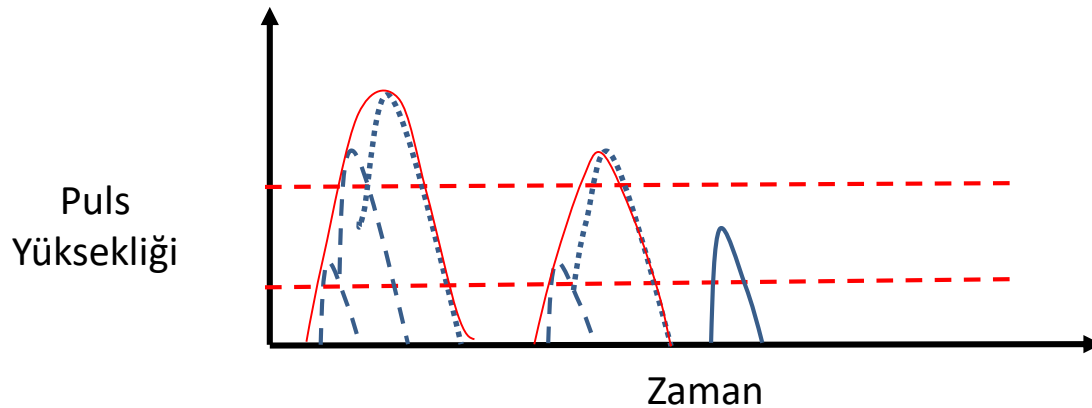
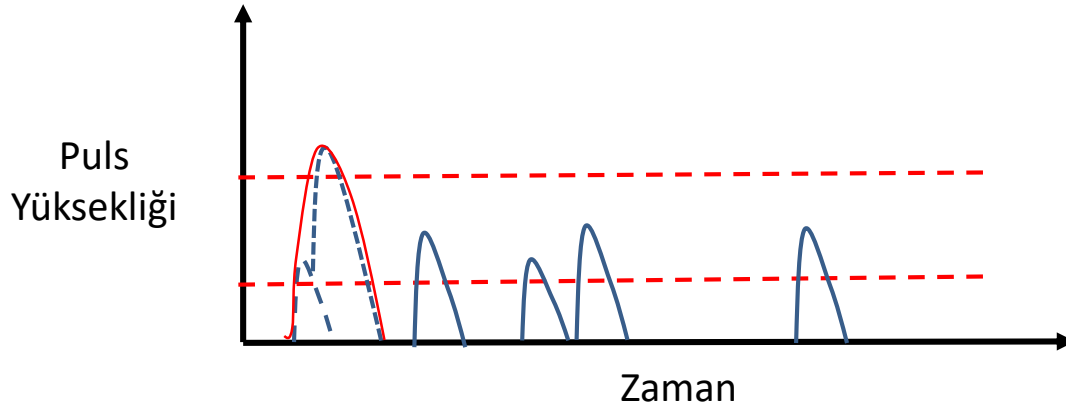
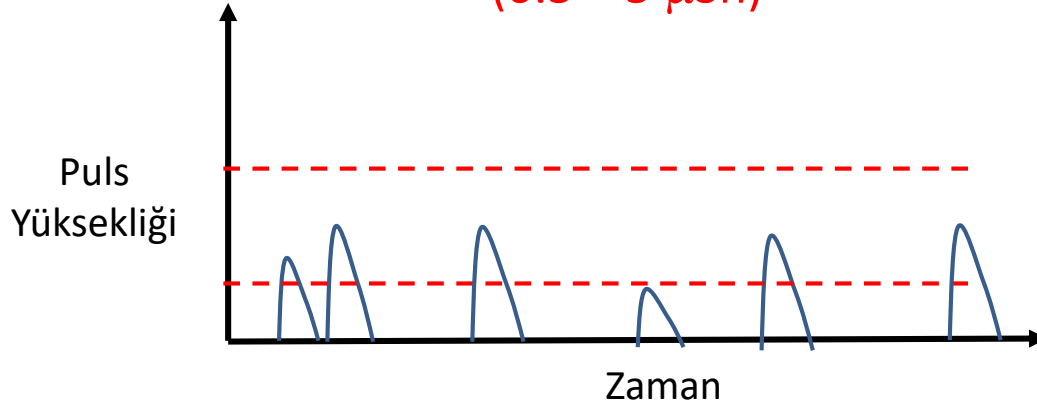


Tepe yığılması iki puls arasında artan üst üste binmenin yarattığı farklı durumda çizilmiştir

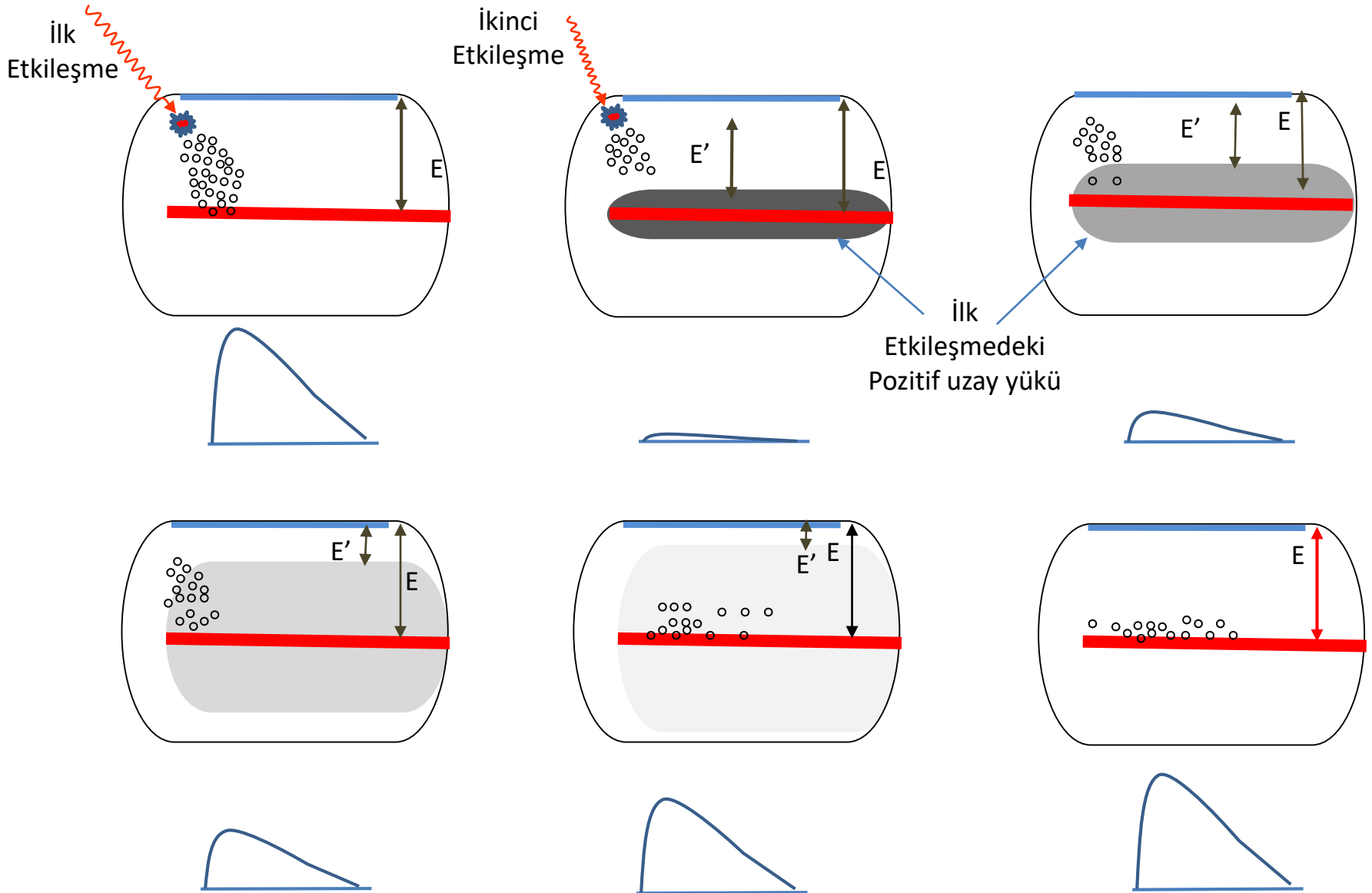
# ÖLÜ ZAMAN

Tüm dedektör sistemlerinde iki ayrı olayın iki farklı puls olarak kayıt edilebileceği minimum bir zaman vardır. Bazı durumlarda bu sınırlayıcı zaman dedektördeki işlemler tarafından, bazen de ilgili elektronik tarafından konulur. Bu minimum zaman ayırımına sayım sistemin ölü zamanı denir.

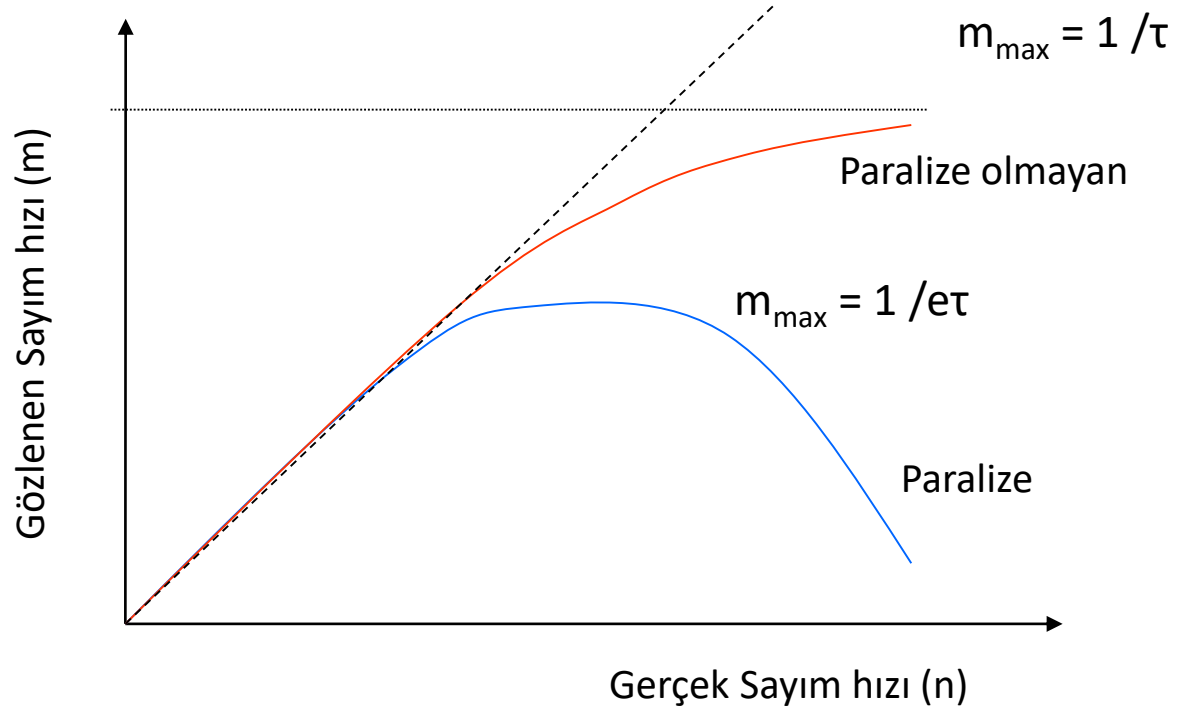
# SİNTİLATÖR VE YARI İLETKENLERDE ÖLÜ ZAMAN (0.5 – 5 $\mu$ Sn)



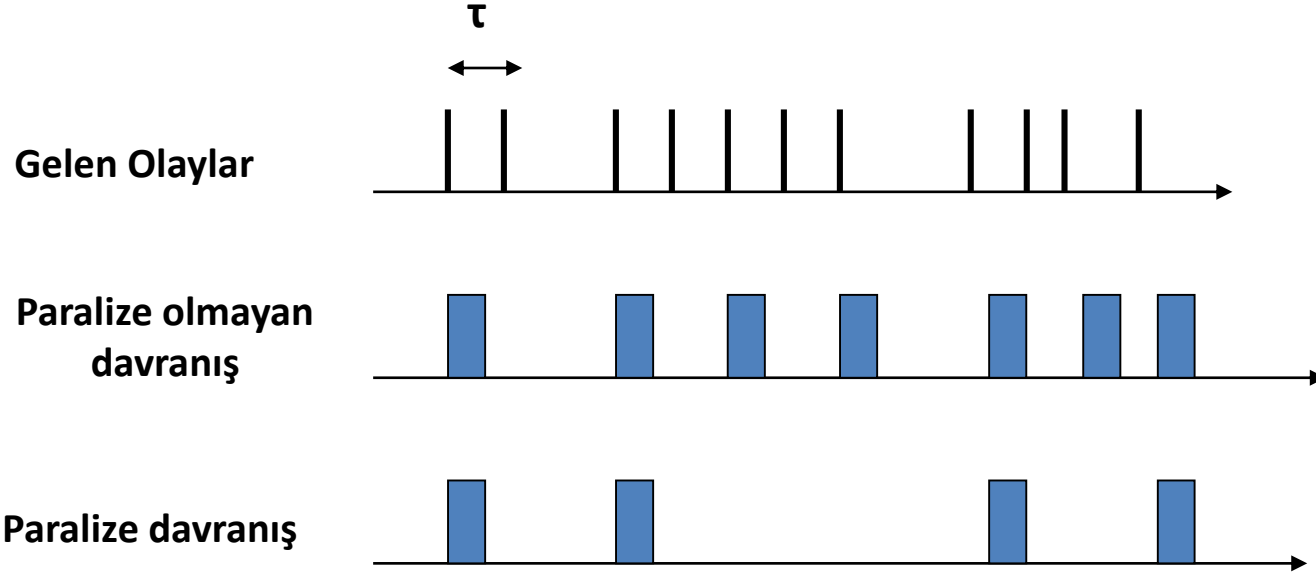
# GM SAYICIDA ÖLÜ ZAMAN (50 – 200 $\mu$ Sn)



# ÖLÜ ZAMAN



# ÖLÜ ZAMAN DAVRANIŞLARI



Paralize olmayan davranış : Sayılan her puls belirli bir ölü zaman koyar

Paralize davranış: Sayılsın veya sayılmasın her puls bir ölü zaman koyar

# ÖLÜ ZAMAN DAVRANIŞLARI

**Paralize olmayan durumda:**

Dedektörün ölü olduğu tüm zaman kesri :  $m\tau$

Gerçek olayların kayıp olma hızı :  $nm\tau$

Kayıp hızları ile ilgili diğer bir ifade :  $n-m$

$$n-m = nm\tau$$

$$n = \frac{m}{1 - m\tau}$$

# ÖLÜ ZAMAN DAVRANIŞLARI

**Paralize durumda** ise ölü periyotlar her zaman sabit uzunlukta değildir. Dolayısıyla aynı mantık uygulanamaz. Ancak  $m$  hızı  $\tau$  'yu geçen gerçek olaylar arasındaki zaman aralıklarının oluş hızına eşdeğerdir. Ortalama  $n$  hızı ile oluşan tesadüfi olaylar arasındaki aralıkların dağılımı;

$$P_1(T)dT = ne^{-nT}dT$$

Burada  $P_1(T)dT$  ,  $T$  boyunca uzunluğu  $dT$  boyunca uzanan aralıkların gözlenme olasılığıdır.  $\tau$ 'dan daha büyük aralıkların olasılığı bu dağılımın  $\tau$  ve  $\infty$  arasında ki integrali ile elde edilir.

$$P_2(\tau) = \int_{\tau}^{\infty} P_1(T)dT = e^{-n\tau}$$

$$m = ne^{-n\tau}$$



Alçak hızlar için ( $n \ll 1/\tau$ ) aşağıdaki yaklaşımlar yazılabilir:

$$m = \frac{n}{1 + n\tau} \cong n(1 - n\tau) \quad \text{nonparalize}$$

$$m = ne^{-n\tau} \cong n(1 - n\tau) \quad \text{paralize}$$